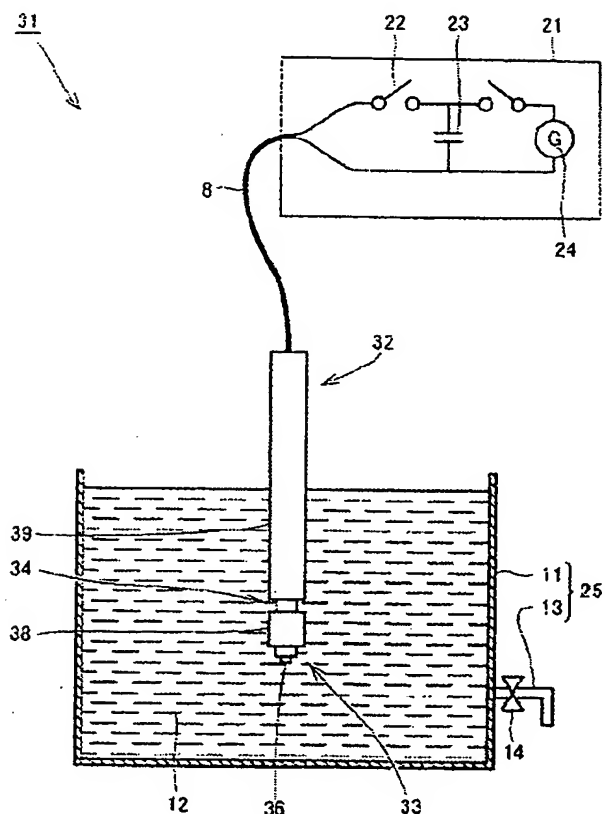


# Patent Abstracts of Japan

TITLE : METHOD AND APPARATUS FOR  
MANUFACTURING FINE METAL  
POWDER



COPYRIGHT: (C)2004,JPO

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-124155

(P2004-124155A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
B22F 9/14F1  
B22F 9/14テーマコード(参考)。  
4K017

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-289007(P2002-289007)  
(22) 出願日 平成14年10月1日(2002.10.1)

(71) 出願人 000002130  
住友電気工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(74) 代理人 100064746  
弁理士 深見 久郎

(74) 代理人 100085132  
弁理士 森田 俊雄

(74) 代理人 100083703  
弁理士 仲村 義平

(74) 代理人 100096781  
弁理士 堀井 豊

(74) 代理人 100098316  
弁理士 野田 久登

(74) 代理人 100109162  
弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

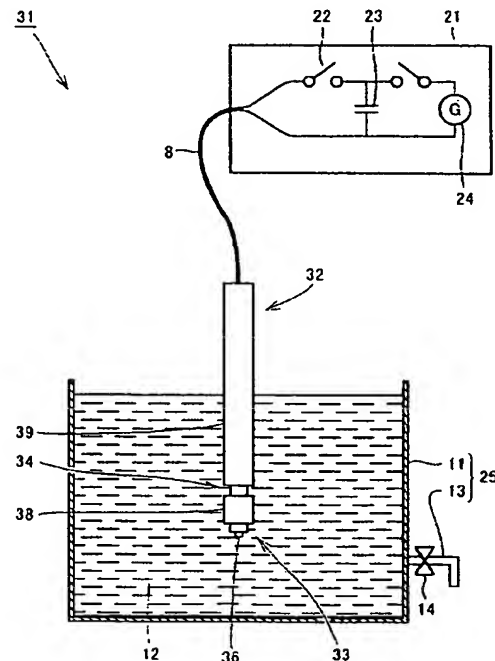
(54) 【発明の名称】 微小金属粉末の製造方法および微小金属粉末の製造装置

## (57) 【要約】

【課題】簡易な装置で、大量生産が可能な微小金属粉末の製造方法、および微小金属粉末の製造装置を提供する。

【解決手段】微小金属粉末の製造装置31は、間隙を隔てて設けられて、微小金属粉末の原料となる金属から形成された中心電極36および外周電極部分39と、中心電極36と外周電極部分39との間に放電を発生させて、中心電極36、外周電極部分38および外周電極部分39の微小粉末を形成するためのパルスパワー源21とを備える。

【選択図】 図7



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第1および第2の電極金属を間隙を隔てて位置決めする工程と、  
前記第1および第2の電極金属間に放電を発生させて、前記電極金属の微小粉末を形成する工程とを備える、微小金属粉末の製造方法。

## 【請求項2】

前記電極金属は水中に配置される、請求項1に記載の微小金属粉末の製造方法。

## 【請求項3】

前記電極金属はガス中に配置され、前記電極金属の微小粉末を形成する工程は、前記ガスと前記電極金属とを反応させる工程を含む、請求項1に記載の微小金属粉末の製造方法。

## 【請求項4】

間隙を隔てて設けられて、微小金属粉末の原料となる金属から形成された第1および第2の電極金属と、

前記第1の電極金属と前記第2の電極金属との間に放電を発生させて、前記電極金属の微小粉末を形成するための電流供給手段とを備える、微小金属粉末の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

この発明は、一般的には、微小金属粉末の製造方法および微小金属粉末の製造装置に関し、より特定的には、気相法（気化と凝縮のプロセスによって金属を微小粉末とする方法）による微小金属粉末の製造方法および微小金属粉末の製造装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

粒子の大きさ（直径）が極めて小さい微小金属粉末は、粒子の比表面積および表面エネルギーが非常に大きい。このため、微小金属粉末は、非常に活性であり融点が著しく低下するという性質や焼結温度が低下するという性質を有する。この性質を利用して、金、銅、ニッケル、アルミニウム、鉄およびコバルトなどの微小金属粉末を、触媒、焼結促進剤およびセンサなどの材料として利用することができる。

## 【0003】

このような微小金属粉末を形成する方法としては、固相法、液相法および気相法が挙げられ、このうち気相法によれば様々な金属の微小粉末を高純度に形成することができる。この気相法によって微小金属粉末を形成する方法として、金属細線に高電圧パルス大電流を流して金属細線をプラズマ化し、ガス分子で急冷するパルス細線放電法（PDW: Pulsed Wire Discharge）が開示されている（非特許文献1参照。）。図11は、「パルス電磁エネルギー工学」に掲載されているパルス細線放電法を実施するための超微粒子作製装置を示す平面図である。

## 【0004】

図11を参照して、超微粒子作製装置101は、真空容器102と、真空容器102内に設けられた電極110および111と、電極110と電極111との間で接続された金属細線114と、金属細線114に電流を供給するためのコンデンサ106（静電容量10μF）とを備える。

## 【0005】

真空容器102は直径300mmの円筒形状を有し、高さが300mmである。真空容器102の側壁には、ガス導入口122および図示しない真空ポンプに接続された排気口120が設けられている。排気口120には、網目の細かいメッシュ2枚の間にメンブレンフィルタ（孔径0.1μm）が配置されたフィルタ103が設けられている。

## 【0006】

コンデンサ106は、電極110および111にケーブルによって電氣的に接続されており、コンデンサ106と電極110との間のケーブル上にはスイッチ104が設けられている。コンデンサ106の電極110に接続された側の極には、コンデンサ106に所定

10

20

30

40

50

量の電荷を蓄積するための電源105が接続されている。コンデンサ106の電極111に接続された側の極は接地されている。コンデンサ106から金属細線114には、充電電圧4kV、放電電流8kA、パルス幅10 $\mu$ S程度で電流が供給される。

【0007】

金属細線114はアルミニウム(Al)からなる。金属細線114の直径は200 $\mu$ mまたは250 $\mu$ mであり、長さは25mmである。真空容器102内には、保持板123によって両端が保持された予備用細線118がステージ116上に複数設けられている。ステージ116を回転させることによって、電極110および111の間に設けられた金属細線114と予備用細線118とを順次交換することができる。

【0008】

ガス導入口122から、窒素(N<sub>2</sub>)、または窒素とアンモニア(NH<sub>3</sub>)との混合ガスを真空容器102内に供給する。供給するガスの圧力は、 $1.3 \times 10^{-4}$  (Pa) から  $1.3 \times 10^{-5}$  (Pa) とする。電源105からコンデンサ106に所定量の電荷を蓄積した後、スイッチ104を閉じてコンデンサ106から金属細線114にパルス大電流を供給する。金属細線114の抵抗によるジュール加熱によって金属細線114が加熱される。温度上昇とともに金属細線114の抵抗が増大し、遂には金属細線114が溶融してプラズマ化する。プラズマは膨張するが、この際に金属細線114のアルミニウム(Al)原子は雰囲気ガスの窒素(N)原子と衝突および反応を起こしながら急激に冷却される。この金属原子と雰囲気ガス原子との反応により窒化アルミニウム(AlN)の超微粒子が形成される。形成された超微粒子は、排気口120に接続された図示しない真空ポンプによって排気口120に導かれフィルタ103によって回収される。

【0009】

【非特許文献1】

八井 浄著、「パルス電磁エネルギー工学」、オーム社、P. 164-180

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上述の超微粒子作製装置101によれば、簡易な構成の装置によって窒化アルミニウムの超微粒子を作製することができる。しかし、作製される超微粒子の原料は電極110と111との間で接続された金属細線114である。このため、金属細線114が溶融してプラズマ化した後、なんらかの手段により新たな金属細線を供給しなければ継続してアルミニウムの超微粒子を作製することができない。

【0011】

また、超微粒子作製装置101では、新たな金属細線114を供給する手段として、金属細線114と予備用細線118とを交換するためのステージ116を備えているが、交換のためパルス細線放電を中断する必要があり連続放電による超微粒子作製が行えないという問題が生じる。つまり、超微粒子作製装置101による超微粒子の作製は、実験室レベルによる少量のバッチ方式であり大量生産には向いていない。

【0012】

また、超微粒子作製装置101に金属細線114を連続的に供給する装置を付加することで、パルス細線放電を連続的に発生させることも可能である。しかしこの場合、超微粒子作製装置101に金属細線114を連続的に供給する装置を付加するだけでなく、充放電回路と細線供給とを自動的に同期させるための制御機器などを別に備える必要がある。これにより、超微粒子作製装置101が非常に複雑な構造になるという問題が発生する。

【0013】

そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、簡易な装置で、大量生産が可能な微小金属粉末の製造方法、および微小金属粉末の製造装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

この発明に従った微小金属粉末の製造方法は、第1および第2の電極金属を間隙を隔てて位置決めする工程と、第1および第2の電極金属間に放電を発生させて、電極金属の微小

10

20

30

40

50

粉末を形成する工程とを備える。

【0015】

このように構成された微小金属粉末の製造方法によれば、第1または第2の電極金属に向けて所定量の電流を供給すると、電流を供給した電極金属から他方の電極金属に向けて電流が流れる。この際、第1および第2の電極金属間に設けられた間隙で放電が発生し、第1および第2の電極金属を構成する金属がこの放電に伴って部分的に蒸発しプラズマ化する。プラズマ化した金属粒子はその後冷却され、凝集によって固体化し微小金属粉末が形成される。このように形成した微小金属粉末を回収する。

【0016】

本発明では、微小粉末を形成しようとする金属、たとえば金(Au)、銀(Ag)または銅(Cu)などから第1および第2の電極金属を形成し、第1および第2の電極金属自身をプラズマ化することによって微小金属粉末を製造している。このため、第1および第2の電極金属が消滅するまで、または第1および第2の電極金属の消耗により電極間に放電が発生しなくなるまで、微小金属粉末を製造し続けることができる。第1および第2の電極金属を所定の大きさで形成しておけば、その大きさに応じた量の微小金属粉末を製造することができるので、微小金属粉末の大量生産を実現することができる。また、第1および第2の電極金属間に細線を張ったり、細線を連続的に供給する装置を備える必要もないため、簡易な装置で微小金属粉末を製造することができる。なお、第1および第2の電極金属を同一金属から形成しておけば、微小金属粉末を回収する工程を容易に行なうことができる。

【0017】

また好ましくは、電極金属は水中に配置される。このように構成された微小金属粉末の製造方法によれば、第1および第2の電極金属間で放電が発生させやすくなる。このため、電極金属に向けて供給する電流量を小さくし、形成される微小金属粉末の単位量あたりに必要なエネルギーを小さくすることができる。これにより、低エネルギーおよび低コストで微小金属粉末を製造することができる。また、相対的に小さい電流量を電極金属に供給できれば良いので、微小金属粉末を製造する装置の小型化を図ることができる。なお、電極金属を配置する水に電解質などの溶質を溶解しておくことによって、さらに第1および第2の電極金属間で放電が発生させやすくなる。

【0018】

また、電極金属を水中に配置しておけば、形成された微小金属粉末はすぐに冷却される。このため、蒸発した金属粒子が冷却される際、金属粒子同士が結合して大きな粒径の微小金属粉末が形成されることを抑制できる。これにより、より小さい粒径の微小金属粉末を形成することができる。また、第1および第2の電極金属間に絶縁体が設けられている場合を想定すると、絶縁体も水によって冷却されるので、放電により発生する熱によって絶縁体が破損することを防止できる。これにより、電極金属間での放電を長時間に渡って連続して行なうことができ、より大量の微小金属粉末を効率良く製造することができる。さらに、放電が発生する地点が水によって覆われているため、放電による騒音を小さくすることができる。

【0019】

また好ましくは、電極金属はガス中に配置される。電極金属の微小粉末を形成する工程は、ガスと電極金属とを反応させる工程を含む。このように構成された微小金属粉末の製造方法によれば、第1および第2の電極金属間の放電によりプラズマ化した金属粒子は、電極金属の周囲に存在するガス原子と衝突および反応を起こしながら急激に冷却される。これにより、電極金属とガスとが反応して得られる微小金属粒子を形成することができる。したがって、電極金属とガスとを適当に選択し組合せることによって、所望の性質を有する微小金属粒子を形成することができる。

【0020】

この発明に従った微小金属粉末の製造装置は、間隙を隔てて設けられて、微小金属粉末の原料となる金属から形成された第1および第2の電極金属と、第1の電極金属と第2の電

10

20

30

40

50

極金属との間に放電を発生させて、電極金属の微小粉末を形成するための電流供給手段とを備える。

#### 【0021】

このように構成された微小金属粉末の製造装置によれば、第1または第2の電極金属に所定量の電流が供給されると、電流が供給された電極金属から他方の電極金属に向けて電流が流れる。この際、第1および第2の電極金属間に設けられた間隙で放電が発生し、第1および第2の電極金属を構成する金属がこの放電に伴って部分的に蒸発しプラズマ化する。プラズマ化した金属粒子はその後冷却され、凝集によって固体化し微小金属粉末が形成される。

#### 【0022】

また、微小金属粉末の製造装置は、電極金属の微小粉末を回収する回収手段とを備えても良い。形成された微小金属粉末は、たとえばフィルタなどの回収手段によって回収される。

#### 【0023】

本発明では、電極金属を微小金属粉末の原料となる金属、たとえば金(Au)、銀(Ag)または銅(Cu)などから形成し、第1および第2の電極金属自身がプラズマ化されることによって微小金属粉末が形成される。このため、第1および第2の電極金属が消費するまで、または第1および第2の電極金属の消耗により電極間に放電が発生しなくなるまで、微小金属粉末を製造し続けることができる。第1および第2の電極金属を所定の大きさを形成しておけば、その大きさに応じた量の微小金属粉末を製造することができるので、微小金属粉末の大量生産を実現することができる。また、第1および第2の電極金属間に細線を張ったり、細線を連続的に供給する装置を備える必要もないため、微小金属粉末の製造装置を簡易にすることができる。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

#### 【0025】

##### (実施の形態1)

図1は、この発明の実施の形態1における微小金属粉末の製造装置を示す断面図である。図1を参照して、微小金属粉末の製造装置1は、パルスパワー源21と、容器11と、容器11の内部に設けられた水12と、放電が発生する部分としてのギャップ17が水12に浸されるように設けられた電極2とを備える。

#### 【0026】

パルスパワー源21には、コンデンサ23およびスイッチ22などを含む回路と、コンデンサ23に電荷を供給するための電源24とが設けられている。パルスパワー源21の回路は接地されている。パルスパワー源21の回路と電極2とは、ケーブル8によって電気的に接続されている。

#### 【0027】

容器11は十分な大きさを有しており、底面から所定高さの位置に排水口13が設けられている。排水口13にはバルブ14が設けられており、バルブ14を開放することによって容器11内の水12を排水口13が設けられた高さまで排出することができる。容器11および排水口13により微小粉末回収部25を構成している。なお、本実施の形態では、電極2を水12中に配置したが、水12に電解質などの溶質を溶解しても良い。

#### 【0028】

図2は、図1中で示した電極の先端部分を正面側から見た端面図である。図3は、図2中のIII-III線上に沿った断面図である。

#### 【0029】

図1から図3を参照して、電極2は、中心軸に沿って延在する中心電極3と、この中心電極3の外周面上に配置された絶縁部材としての絶縁体4と、この絶縁体4を囲むように配置された外周電極5とを備える。中心電極3は、ケーブル8によってパルスパワー源21

10

20

30

40

50

と接続されており、外周電極5は接地されている。電極2は、外周電極5を囲むように配置された被覆絶縁部材としての絶縁体6をさらに備える。放電が発生する部分としてのギャップ17は、中心電極3と外周電極5との間に設けられた間隙に位置する。

#### 【0030】

中心電極3および外周電極5は、金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、スズ(Sn)、鉄(Fe)またはアルミニウム(Al)などにより形成する。これらの金属を微小金属粒子とすることによって、触媒、焼結促進剤、還元剤またはセンサなどの材料として利用することができる。また好ましくは、中心電極3および外周電極5を同一材質で形成する。これにより、中心電極3および外周電極5から形成された微小金属粉末を容器11内から回収する作業が容易になる。また、絶縁体4および6は、EP(エチレンプロピレン)ゴムなどの電気絶縁用ゴム、CR(クロロプレン)ゴムまたはウレタンなどから形成する。なお、基本的な構成としては、中心電極3または外周電極5の全体を目的とする金属で形成すれば良いが、生産性および経済性を考慮して、各電極の放電にさらされる露出部分のみ、または先端部分のみを目的とする金属で構成してもよい。また、このように目的とする金属で構成した部分を交換可能にしても良い。

#### 【0031】

この発明の実施の形態1に従った微小金属粉末の製造装置1は、間隙を隔てて設けられて、微小金属粉末の原料となる金属としての金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、スズ(Sn)、鉄(Fe)またはアルミニウム(Al)などから形成された第1および第2の電極金属としての中心電極3および外周電極5と、中心電極3と外周電極5との間に放電を発生させて、電極金属としての中心電極3および外周電極5の微小粉末を形成するための電流供給手段としてのパルスパワー源21とを備える。微小金属粉末の製造装置1は、中心電極3および外周電極5の微小粉末を回収する回収手段としての微小粉末回収部25をさらに備える。

#### 【0032】

電極2は、中心電極3のみが脱着可能な構造としておいても良い。パルスパワー源21からの電流供給を受けて形成される微小金属粉末の大部分は、中心電極3が蒸発して形成されるものである。このため、特に消耗が激しい中心電極3を新しい中心電極に交換できるようにしておけば、電極2全体を取り換えることなく微小金属粉末の製造を継続することができる。

#### 【0033】

続いて、微小金属粉末の製造装置1を用いて、微小金属粉末を製造する工程について説明する。

#### 【0034】

図1から図3を参照して、絶縁体4によって隔たれて位置決めされた中心電極3および外周電極5を有する電極2を容器11内に設ける。パルスパワー源21において、電源24からコンデンサ23に所定量の電荷を蓄積する。コンデンサ23に必要な量の電荷を蓄積した状態で、パルスパワー源21のスイッチ22を閉じる。これにより、パルスパワー源21のコンデンサ23に蓄えられた電荷が、パルスパワー源21からケーブル8を介して電極2の中心電極3に導入され、中心電極3と外周電極5との間に電位差が生じる。中心電極3と外周電極5とは絶縁体4によって絶縁されているため、電極2の先端側に位置するギャップ17において放電が発生する。この放電に伴って、中心電極3および外周電極5を形成する金属が部分的に蒸発しプラズマ化する。プラズマ化した金属粒子は電極2の周囲に位置する水12によって直ちに冷却される。この際、金属粒子が凝集によって固体化し微小金属粉末が形成される。

#### 【0035】

図4から図6は、図1中に示す微小金属粉末の製造装置において、微小金属粉末を回収する工程を示す断面図である。図4を参照して、パルスパワー源21から電極2への電流供給を停止し、電極2を容器11から取り出す。その状態で容器11を所定時間放置しておく、と、形成された微小金属粉末27が容器11の底面に堆積する。

## 【0036】

図5を参照して、バルブ14を開放して排水口13から水12を排出する。このとき、容器11の底面に堆積した微小金属粉末27が再び水12中に拡散して排水口13から排出されないように、時間を長くかけて排水することが好ましい。水12は、排水口13が設けられた高さまで排出され、容器11内に微小金属粉末27と少量の水12とが残る。

## 【0037】

図6を参照して、図示しない加熱装置によって容器11の底面側を加熱し、容器11内の水12を蒸発させる。容器11内には、微小金属粉末27のみが残存しこれを回収する。以上の工程により、微小金属粉末を製造することができ、なお、本実施の形態では、水12を蒸発させることによって水12と微小金属粉末27とを分離したが、形成される微小金属粉末の粒径よりも小さい孔径のフィルタを用いて微小金属粉末27を回収しても良い。

10

## 【0038】

この発明の実施の形態1に従った微小金属粉末の製造方法は、第1および第2の電極金属としての中心電極3および外周電極5を間隙を隔てて位置決めする工程と、中心電極3および外周電極5の間に放電を発生させて、電極金属としての中心電極3および外周電極5の微小粉末を形成する工程とを備える。微小金属粉末の製造方法は、放電によって形成された中心電極3および外周電極5の微小粉末27を回収する工程をさらに備える。中心電極3および外周電極5は水12中に配置される。

## 【0039】

このように構成された微小金属粉末の製造装置1および微小金属粉末の製造方法によれば、微小粉末を形成しようとする金属から中心電極3および外周電極5を形成しているのギャップ17で放電を発生させることができる間は継続して中心電極3および外周電極5から微小金属粉末を製造し続けることができる。このため、微小金属粉末の原料となる5枚を交換する手間を極力省略して、微小金属粉末を製造することができる。

20

## 【0040】

また、中心電極3および外周電極5は水12中に配置されているため、電極2のギャップ17で放電が発生しやすい。このため、パルスパワー源21から供給される電流量が同一であっても、中心電極3および外周電極5が空気中に配置されている場合と比較してギャップ17での放電エネルギーが大きくなる。このため、この放電に伴って蒸発する中心電極3および外周電極5の量も増大する。これにより、より小さいエネルギーで大量の微小金属粉末を形成することができる。また、所定量の微小金属粉末を形成するため、パルスパワー源21から電極2に供給しなければならない電流量を小さくできる。これにより、パルスパワー源21を小型化し、さらに微小金属粉末の製造装置1の小型化を図ることができる。また、放電は水12中に位置するギャップ17で発生するため、放電による騒音を小さくすることができる。

30

## 【0041】

また、中心電極3および外周電極5が蒸発しプラズマ化した後、金属粒子は電極2の周囲に位置する水12によって直ちに冷却される。このため、金属粒子が冷却される際に、金属粒子同士が結合することを抑制できる。これにより、より小さい粒径の微小金属粉末を形成することができる。また、絶縁体4も水12によって冷却されるため、絶縁体4の先端部が放電によって発生する熱により破損することを防止できる。これにより絶縁体4の熱による影響を考慮することなく、中心電極3および外周電極5の間での放電を長時間に渡って行なうことができるので、効率良く微小金属粉末を形成することができる。

40

## 【0042】

## (実施の形態2)

図7は、この発明の実施の形態2に従った微小金属粉末の製造装置を示す断面図である。実施の形態2における微小金属粉末の製造装置は、実施の形態1における微小金属粉末の製造装置1と比較して、電極の構造が異なる。以下において、重複する構造の説明は省略する。

50



## 【0043】

図7を参照して、微小金属粉末の製造装置31は、パルスパワー源21と、容器11と、容器11の内部に設けられた水12と、放電が発生する部分としてのギャップ33および34が水12に浸されるように設けられた電極32とを備える。

## 【0044】

図8は、図7中に示した電極の先端部分を示す斜視図である。図9は、図7中に示した電極の先端部分を示す断面図である。図8および図9を用いて、実施の形態2における微小金属粉末の製造装置31が備える電極32について説明する。

## 【0045】

図8および図9を参照して、電極32は、中心軸にそって延在する第1の電極金属としての中心電極36と、この中心電極36の外周面上に配置された絶縁部材としての絶縁体37と、この絶縁体37の外周面上に配置された外周電極40とを備える。外周電極40は、電極2の先端側に位置する浮遊電極としての外周電極部分38と、この外周電極部分38と中心軸の延びる方向において間隔を隔てて配置された第2の電極金属としての外周電極部分39とを含む。中心電極36は、ケーブル8によってパルスパワー源21と接続されており、外周電極部分39は接地されている。

## 【0046】

中心電極36および外周電極40は、金(Au)、銀(Ag)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、スズ(Sn)、鉄(Fe)またはアルミニウム(Al)などにより形成する。好ましくは、中心電極36および外周電極40を同一材質で形成する。また、絶縁体37は、EP(エチレンプロピレン)ゴムなどの電気絶縁用ゴム、CR(クロロプレン)ゴムまたはウレタンなどから形成する。

## 【0047】

外周電極部分39と外周電極部分38との間にはギャップ34が形成されており、外周電極部分38と中心電極36との間にはギャップ33が形成されている。パルスパワー源21のスイッチ22を閉じることによってコンデンサ23に蓄えられた電荷が電極32に導入されると、ギャップ33で第1の放電が発生し、ギャップ34で第2の放電が発生する。第1および第2の放電に伴い、中心電極36、外周電極部分38および外周電極部分39を形成する金属が部分的に蒸発しプラズマ化する。プラズマ化した金属粒子が凝集によって固体化し微小金属粉末が形成される。

## 【0048】

なお、実施の形態1に記載の微小金属粉末の製造方法と同一の工程によって、微小金属粉末の製造装置31により微小金属粉末を製造することができる。

## 【0049】

この発明の実施の形態2に従った微小金属粉末の製造装置31によれば、実施の形態1に記載の効果と同様の効果を奏することができる。加えて、電極32は浮遊電極としての外周電極部分38を備えているため、電極32に電流を供給して放電が発生する箇所をギャップ33および34の2箇所にすることができる。このように放電が起きる個所の数を増加させることにより、供給する電流値を一定にした場合において放電抵抗を増加させることができる。放電により消費されるエネルギーは電極32に供給される電流値の2乗×放電抵抗に比例するので、放電を確実に大きくできる。したがって、この放電に伴って蒸発する中心電極36および外周電極40の量も増大するため、より多くの微小金属粉末を形成することができる。

## 【0050】

(実施の形態3)

図10は、実施の形態3における微小金属粉末の製造装置を示す断面図である。実施の形態3における微小金属粉末の製造装置は、実施の形態1における微小金属粉末の製造装置1と比較して、パルスパワー源の構造が同一である。以下において重複する構造の説明は省略する。

## 【0051】

10

20

30

40

50

図10を参照して、微小金属粉末の製造装置51は、パルスパワー源21と、真空容器61と、放電が発生する部分としてのギャップ17が真空容器61の内部に位置するように設けられた電極2と、ガス供給システム66と、真空排気ポンプ65と、回収手段としての微小金属粉末回収箱64とを備える。電極2は、実施の形態1に記載の電極2と同一形状を有するが、電極2の中心電極3および外周電極5がアルミニウム(A1)から形成されている。

#### 【0052】

ガス供給システム66と真空容器61とはガス導入管67を介して連結している。真空容器61と真空排気ポンプ65とは排気管63を介して連結している。排気管63は、真空容器61と真空排気ポンプ65との間で分岐しており、分岐した排気管63は微小金属粉末回収箱64に連結している。

#### 【0053】

続いて、微小金属粉末の製造装置51を用いて、微小金属粉末を製造する工程について説明する。

#### 【0054】

ガス供給システム66から窒素( $N_2$ )ガスを供給する。窒素ガスは、ガス導入管67を通過して真空容器61の内部に供給される。コンデンサ23に必要な量の電荷を蓄積した状態で、パルスパワー源21のスイッチ22を開じる。これにより、パルスパワー源21のコンデンサ23に蓄えられた電荷が、パルスパワー源21からケーブル8を介して電極2の中心電極3に導入され、中心電極3と外周電極5との間に電位差が生じる。これにより電極2のギャップ17において放電が発生し、この放電に伴って中心電極3および外周電極5を形成するアルミニウムが部分的に蒸発しプラズマ化する。プラズマ化したアルミニウム粒子は窒素ガスの窒素原子と衝突して反応を起こす。この反応により、窒化アルミニウム( $AlN$ )の微小金属粉末が形成される。窒化アルミニウムは、高熱伝導性、高絶縁性、耐熱性および耐食性に優れた性質を有しているため、基板またはヒートシンクなどの材料として利用することができる。

#### 【0055】

このように形成された窒化アルミニウムの微小金属粉末を含む窒素ガスを、真空排気ポンプ65によって排気管63へと導く。この際、窒化アルミニウムの微小金属粉末は窒素ガスの流れる方向に設けられた微小金属粉末回収箱64によって回収される。

#### 【0056】

この発明の実施の形態3に従った微小金属粉末の製造方法では、電極金属としての中心電極3および外周電極5は窒素ガス中に配置される。中心電極3および外周電極5の微小粉末を形成する工程は、窒素ガスと中心電極3および外周電極5を形成するアルミニウムとを反応させる工程を含む。

#### 【0057】

このように構成された微小金属粉末の製造装置51および微小金属粉末の製造方法によれば、実施の形態1に記載の効果の内、微小金属粉末の原料となる部材を交換する手間を極力省略して微小金属粉末を製造することができるという効果を奏することができる。加えて、電極金属およびガスを反応させることによって電極金属とは異なる金属の微小金属粉末を形成することができる。このため、電極金属およびガスの種類を適当に選択することによって、所望の性質を有する微小金属粒子を形成することができる。

#### 【0058】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【0059】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、この発明に従えば、簡易な装置で、大量生産が可能な微小金属粉末

10

20

30

40

50

の製造方法、および微小金属粉末の製造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の実施の形態 1 における微小金属粉末の製造装置を示す断面図である。

【図 2】図 1 中で示した電極の先端部分を正面側から見た端面図である。

【図 3】図 2 中の I I I - I I I 線上に沿った断面図である。

【図 4】図 1 中に示す微小金属粉末の製造装置において、微小金属粉末を回収する第 1 工程を示す断面図である。

【図 5】図 1 中に示す微小金属粉末の製造装置において、微小金属粉末を回収する第 2 工程を示す断面図である。

【図 6】図 1 中に示す微小金属粉末の製造装置において、微小金属粉末を回収する第 3 工程を示す断面図である。 10

【図 7】この発明の実施の形態 2 に従った微小金属粉末の製造装置を示す断面図である。

【図 8】図 7 中に示した電極の先端部分を示す斜視図である。

【図 9】図 7 中に示した電極の先端部分を示す断面図である。

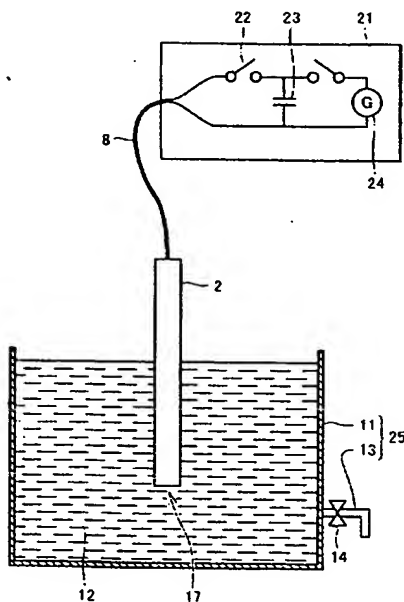
【図 10】実施の形態 3 における微小金属粉末の製造装置を示す断面図である。

【図 11】「パルス電磁エネルギー工学」に掲載されているパルス細線放電法を実施するための超微粒子作製装置を示す平面図である。

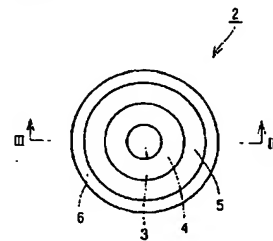
【符号の説明】

1. 31...51 製造装置、3. 36 中心電極、5. 40 外周電極、11 容器、12 水、13 排水口、21 パルスパワー源、25 微小粉末回収部、27 微小金属粉末、38. 39 外周電極部分、64 微小金属粉末回収箱、66 ガス供給システム。 20

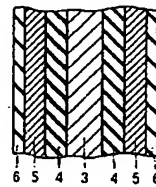
【図 1】



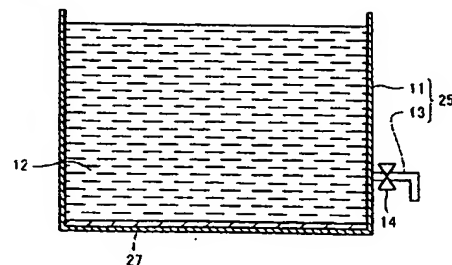
【図 2】



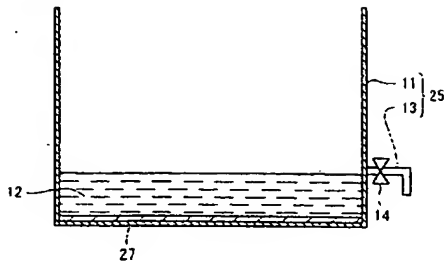
【図 3】



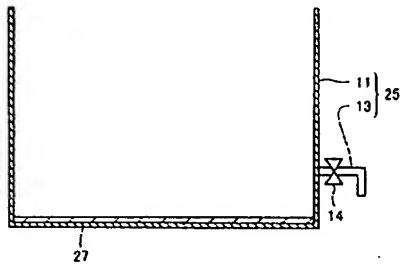
【図 4】



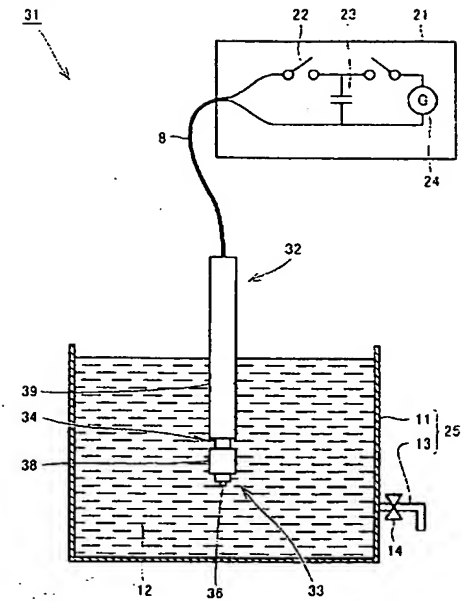
【図 5】



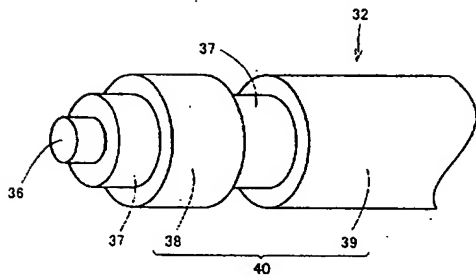
【図 6】



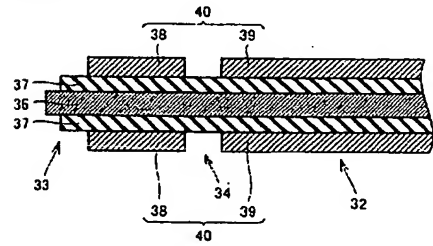
【図 7】



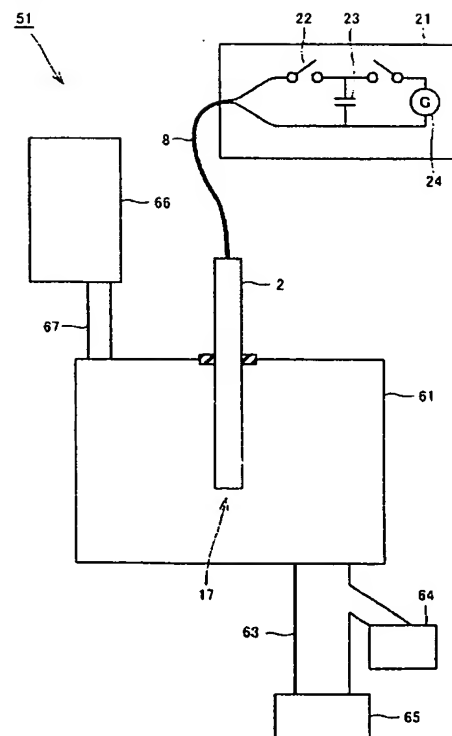
【図 8】



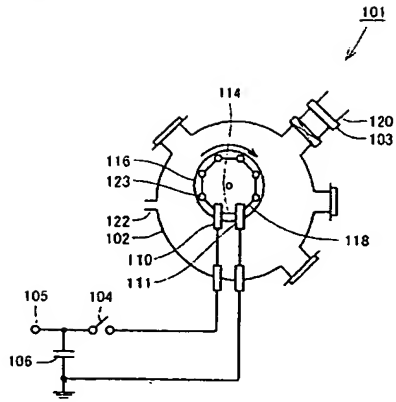
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 徹

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

Fターム(参考) 4K017 AA03 BA01 BA02 BA03 BA05 BA06 EF02 EF04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**